Über die Kohlensäureproduction

bei der Anwendung von

kalten Bädern

und

anderen Wärmeentziehungen.

Von

Dr. J. Gildemeister

aus Bremen



Basel.

Druck von Ferd. Riehm.

1870.

Ueber die ausserordentlich günstige Wirkung eonsequenter Wärmeentziehungen bei sehweren fieberhaften Krankheiten herrscht unter allen Beobaehtern, welehe Gelegenheit hatten in hinreiehendem Masse darüber Erfahrungen zu sammeln, die vollständigste Uebereinstimmung. Wenn trotzdem diese Methode, der an Wirksamkeit kaum ein anderes Heilmittel an die Seite zu stellen sein dürfte, immer noeh nieht zu einer allgemeinen Einführung gelangt ist, so muss die Ursache davon wohl zum nicht geringen Theil darin gesueht werden, dass unsere Kenntnisse über die Wirkungsweise der Wärmeentziehungen noeh nieht zu einem genügenden Absehluss gelangt sind. Nur so ist es verständlieh, dass naeh den bahnbrechenden Arbeiten von Currie[1]) und seinen Naehfolgern Jahrzehnte vergehen konnten, in welehen diese Methode nahezu vergessen schien. Es dürfte desshalb neben den zahlreiehen neueren Arbeiten in dieser Riehtung jeder Beitrag, weleher, wenn aueh nur in kleinem Masse, zur Vervollständigung der theoretisehen Kenntnisse von der Wirkungsweise der Wärmeentziehungen dienen kann, nicht ohne Werth sein.

---

[1]) James Currie, über die Wirkungen des kalten und warmen Wassers im Fieber u. s. w. Nach der 2. Ausgabe übersetzt von Dr. Chr. Fr. Michaelis. Leipzig 1801.

Ich erlaube mir, hier Herrn Professor Liebermeister für die unbeschränkt gestattete Benutzung seines Beobachtungsmaterials, so wie für die vielfache Unterstützung, deren ich mich bei der Ausführung der nachfolgenden Arbeit erfreute, meinen herzlichen Dank auszusprechen.

Die Versuche von Liebermeister[1]) und die sich an dieselben anschliessenden von Kernig[2]) ergeben das auffallende Resultat, dass bei Wärmeentziehungen von der äusseren Haut, wie bei kalten Abwaschungen, kalten Douchen, kalten Bädern etc. die Temperatur in der Achselhöhle nicht nur nicht fällt, sondern eher um ein Geringes steigt. Am deutlichsten lässt sich dieses Verhalten beobachten, wie ich mich durch eigene Versuche überzeugte, wenn man sich abwechselnd bald wohl zugedeckt hält, bald einer mässig kühlen Luft aussetzt. Es steigt dabei regelmässig das Thermometer um einige Zehntelgrade und sinkt wieder nach erfolgter Bedeckung. Hiermit ganz übereinstimmend sind die Resultate, die Weisflog[3]) bei der Anwendung von kalten Sitzbädern erhielt, und auch die Beobachtungen Senator's[4]), welche

---

[1]) Physiolog. Untersuchungen über die quantitative Veränderung der Wärmeproduction. Archiv für Anat. und Phys. etc. von Reichert und du Bois Reymond. 1860. p. 520. p. 589. 1861. p. 28. 1862. p. 661.

[2]) Experimentelle Beiträge zur Kenntniss der Wärmeregulirung beim Menschen. Dissert. Dorpat. 1864.

[3]) Dr. G. E. Weisflog. Untersuchungen über die Wirkung von Sitzbädern von verschiedenen Wärmegraden. Deutsches Archiv f. klin. Med. 1867. II. Bd. p. 570 seq.

[4]) Virchow's Archiv. 1869. Bd. 45. p. 351 seq.

von dem Verfasser als in Widerspruch mit diesem Ergebniss stehend hingestellt werden, erscheinen bei näherer Betrachtung als vollkommene Bestätigung derselben.

Die Erklärung eines solchen mit manchen aprioristischen Voraussetzungen so wenig stimmenden Resultates erscheint nicht ganz einfach. Um das Steigen der Innenwärme möglich zu machen, muss offenbar entweder die Wärmeabgabe vermindert sein, so dass dann in Betreff der inneren Theile eine Wärmeentziehung überhaupt nicht vorliegt, oder es muss während der Einwirkung des abkühlenden Verfahrens die Wärmeerzeugung im Innern in dem Masse gesteigert sein, dass dadurch die entzogene Wärme vollständig oder mehr als vollständig compensirt wird.

Wenn nun auch Anhaltspunkte für die erstere Erklärung in der Contraction der oberflächlichen Gefässe und der daraus folgenden geringeren Blutcirculation der Oberfläche gegeben scheinen, Verhältnisse, wie sie zuerst von Bergmann[1]) hervorgehoben und noch kürzlich von Jürgensen[2]) zu einem Erklärungsversuch der vorliegenden Thatsache benützt wurden, so müsste es doch im höchsten Grade auffallend erscheinen, wenn das Uebergiessen mit kaltem Wasser in Wirklichkeit keinen wärmeentziehenden Effekt haben sollte, seine Wirkung viel-

---

[1]) Nichtchemischer Beitrag zur Kritik der Lehre vom calor animalis. Müller's Archiv für Anat. 1845. p. 300.

[2]) Zur Lehre von der Behandlung fieberhafter Krankheiten mittelst des kalten Wassers. II. Artikel. Deutsch. Archiv für klin. Med. 1868. IV. Bd. p. 323.

mehr die Wärmeabgabe verminderte und etwa der eines guten Pelzes [1]) gleich zu setzen wäre.

Im zweiten Falle müsste eine Einrichtung vorausgesetzt werden, welche auf den Kältereiz hin sofort eine mehr oder minder heftige Steigerung der wärmebildenden chemischen Processe auslösen könnte, also ein Wärmeregulirungsapparat in des Wortes weitester Bedeutung, eine Vorstellung, die schon wegen ihrer eclatanten Zweckmässigkeit nothwendig eine gründliche Skepsis zur Folge haben muss, um so mehr, da es ausserordentlich schwierig sein dürfte, sich über die Art und Weise der Wirkung eines solchen Apparates irgend eine wenn auch nur hypothetische Vorstellung zu bilden.

Es lässt sich daher nicht leugnen, dass jede von beiden Annahmen mancherlei Bedenken Raum giebt. Eine dritte Vorstellung ist aber, soweit ich sehe, gänzlich undenkbar, und wir werden uns, wenn wir uns nicht zu der resignirten Aeusserung Wunderlich's [2]) bekennen wollen, dass es ohne Zweifel nie gelingen werde, die Temperaturveränderungen in berechenbarer Weise auf ihre wahren Bedingungen zurückzuführen, — und zu einer solchen Prophezeiung scheint mir nach den bisherigen Erfahrungen in der That kein genügender

---

[1]) Cardanus sagt schon (s. Küchenmeister, Anwendung des kalten Wassers. Leipzig. 1869. p. 21.): „Waschen mit kaltem Wasser kommt auch im Winter denen, so daran gewöhnt sind, besser zu statten, als ein Pelz." Dass aber Cardanus mit dieser Aeusserung dieselbe Auffassung, wie die von Jürgensen habe vertreten wollen, darf vielleicht bei Berücksichtigung der damaligen Kenntnisse von den glatten Muskel-Elementen als zweifelhaft bezeichnet werden.

[2]) Wunderlich. Das Verhalten der Eigenwärme in Krankheiten. Leipzig. 1868. p. 126.

Grund vorzuliegen —, nothwendig für die eine oder für die andere Hypothese entscheiden müssen.

Welche von beiden den Vorzug verdient, kann aber nicht durch aprioristisches Raisonnement, sondern nur durch Versuche entschieden werden.

Die direkten Messungen der abgegebenen Wärme von Liebermeister[1]) und von Kernig[2]) scheinen mir für diese Frage vollkommen entscheidend zu sein. Durch die Versuche wurde gezeigt, dass während eines kalten Bades einerseits die Temperatur der geschlossenen Achselhöhle während ziemlich langer Zeit nicht sinkt, und dass andererseits die genaue Messung der Quantität der an das Wasser abgegebenen Wärme selbst nach einer relativ langen Dauer des Bades dieselbe immer noch bei weitem grösser zeigt, als die normale Wärmeabgabe. Da nun der Vorrath von Wärme in den peripherischen Theilen nothwendig endlich erschöpft werden müsste, wenn er nicht durch eine gesteigerte Production wieder ersetzt würde, so ist durch diese Versuche der zwingende Nachweis geliefert, dass während eines kalten Bades die Wärmeproduction in sehr beträchtlichem Masse gesteigert ist.

Dabei spricht sowohl für die Richtigkeit der Resultate als für die Exactheit der Methode die Thatsache, dass sämmtliche von Liebermeister und Kernig im Ganzen an 3 verschiedenen Versuchspersonen gemachten Versuche unter Berücksichtigung des verschiedenen Körper-

---

[1]) Physiologische Untersuchungen etc. II. Artikel. Archiv von Reichert und du Bois Reymond. 1860. p. 589.

[2]) Experimentelle Beiträge etc. Dissertation. Dorpat. 1864.

gewichts ausserordentlich gut unter sich übereinstimmen [1]). Für einen Menschen von 60 Kilogr. Körpergewicht ergeben sich bei verschiedener Temperatur des Bades die folgenden Werthe für die Wärmeproduction pro Minute. Und zwar sind die Zahlen der oberen Reihe nach der aus sämmtlichen Versuchen abgeleiteten empirischen Formel berechnet, während die untere Reihe die bei den Versuchen direct gefundenen Werthe giebt.

Temperatur des Bades		20°,4	22°,5	25°,0	25°,7	30°,0	30°,4	32°,0	33°,9	35°,8
Wärmeproduction pr. Minute	berechnet	5,87	5,00	4,06	3,82	2,48	2,37	1,95	1,51	1,12
	gefunden	5,8	5,2	3,9	3,8	2,6	2,3	1,9	1,6	1,1

Die Annahme einer solchen Regulirung der Wärmeproduction nach dem Wärmeverlust ist dennoch hie und da auf Widerspruch gestossen, und in der That ist wohl, wie bereits angedeutet wurde, nicht zu leugnen, dass die Annahme einer Einrichtung, von der sowohl der Sitz, als das Substrat, als die Wirkungsweise vollkommen unbekannt sind, vielfachem Zweifel ausgesetzt sein musste, um so mehr, als der Beweis ihrer Existenz mit der Vorführung von Wärmequantitäten geliefert wurde,

[1]) Herr Professor Liebermeister macht mich darauf aufmerksam, dass diese Uebereinstimmung wohl kaum eine so genaue sein würde, wenn nicht die verschiedenen Versuchspersonen einerseits in annähernd gleichem Alter gestanden hätten, und wenn nicht ferner bei ihnen auch das Verhältniss der Körperlänge zu den übrigen Körperdimensionen ein annähernd gleiches gewesen wäre. In welcher Weise die nur das Körpervolumen berücksichtigende Immermann'sche Reductionsformel modificirt werden muss, um auch für Körper gültig zu sein, die nicht im mathematischen Sinne als ähnlich zu betrachten sind, wird derselbe voraussichtlich demnächst näher darlegen.

Grössen, die keineswegs so handgreiflich sind, wie etwa Gewichte, die sich jeder unschwer in eine bestimmte Vorstellung übersetzt. In der That kann sich, wer nicht selbst in ähnlichen Gebieten gearbeitet hat, nur schwer eine richtige Vorstellung davon machen, welcher Grad von Sicherheit und Zuverlässigkeit sich bei dergleichen Arbeiten erreichen lässt. Endlich mag auch zu der Skepsis den beweisenden Versuchen gegenüber noch beigetragen haben die Scheu vor den Consequenzen, die daraus für die Therapie sich zu ergeben schienen, indem es auf den ersten Blick geradezu unsinnig erscheinen konnte, bei einem Fieberkranken ein kaltes Bad anzuwenden, wenn derselbe dadurch zu noch grösserer Wärmeproduction angeregt würde.

Nichtsdestoweniger muss man mit den Thatsachen rechnen und darf sich hier, wie überall, der beruhigenden Gewissheit hingeben, dass auch die Consequenzen stimmen werden, falls die Voraussetzungen in der That richtig sind. Ich werde am Schluss nochmals auf die erwähnten scheinbaren Widersprüche zurückkommen und in Kürze darzulegen versuchen, in welcher Weise dieselben sich lösen, ohne dass den Thatsachen Zwang angethan wird.

Es war eine Frage von dem höchsten Interesse, in welcher Weise während des kalten Bades und überhaupt während einer auf die äussere Haut wirkenden Wärmeentziehung die Kohlensäure-Ausscheidung sich verhalte. Wenn wirklich die Wärmeproduction unter der Einwirkung von Wärmeentziehungen gesteigert ist, — und die mit Berücksichtigung der erwähnten Einwände von Lie-

bermeister[1]) gegebenen weiteren Erörterungen scheinen mir die letzten noch möglichen Zweifel beseitigt zu haben —, so war bei unserer heutigen Vorstellung von den Wärmequellen des Organismus die Annahme nicht zu umgehen, dass auch der Stoffumsatz entsprechend gesteigert sein müsse. Der Nachweis aber, dass die Endprodukte des Stoffwechsels wirklich in entsprechend vermehrter Menge gebildet würden, fehlte bis jetzt. Harnstoffuntersuchungen, welche von Liebermeister mit Rücksicht auf diese Frage angestellt worden waren, hatten kein entscheidendes Resultat ergeben[2]); um so mehr stand zu erwarten, dass dasjenige Endprodukt des Stoffwechsels, welches bei weitem die grösste Quantität ausmacht, nämlich die Kohlensäure, den Beweis führen werde. Wenn diese Voraussetzung zutraf, und wenn die Ausscheidung der mehr producirten Kohlensäure schnell genug erfolgte, um deutlich nachweisbar zu sein, so durfte man hoffen, auf diesem Wege die Wirkung der kalten Bäder auf den Stoffwechsel zu eruiren, während andererseits der Nachweis einer Steigerung der Kohlensäureausscheidung eine treffende Bestätigung der die vermehrte Wärmeproduction beweisenden Versuche sein musste.

Traf die Voraussetzung nicht zu, konnte die Kohlensäure nicht als vermehrt nachgewiesen werden, so entstanden dadurch Widersprüche, vor denen man zunächst in der That rathlos stehen würde.

---

[1]) Ueber die quantitative Bestimmung der Wärmeproduction im kalten Bade. Deutsch. Archiv f. klin. Med. 1868. Bd. V. p. 117.

[2]) Klinische Untersuchungen über das Fieber und dessen Behandlung. Prager Vierteljahrschrift. 1864. Bd. LXXXVII. pag. 68.

In neuester Zeit sind Kohlensäurebestimmungen beim Menschen vielfach ausgeführt worden mit dem bekannten von Voit construirten und zuerst von Lossen beschriebenen Apparate[1]). Derselbe setzt aber, wie auch unter anderen die Versuche von Berg[2]) ergeben, dem Athmen so bedeutenden Widerstand entgegen, dass die Resultate nicht mehr als physiologische angesehen werden können. Andererseits ergab sich bei den ersten im Laboratorium der hiesigen Klinik angestellten Versuchen eine die Messung des Luftvolumens betreffende Fehlerquelle, welche diese ersten Versuche unbrauchbar machte. Und auch nach Beseitigung dieser Fehlerquelle stellten sich die Schwierigkeiten, welche genauen Versuchen nach dieser Methode im Wege stehen, als so bedeutend heraus, dass es dringend wünschenswerth erschien, eine Vorrichtung zu besitzen, welche von den angedeuteten Uebelständen frei sei. Und in der That scheint der bei den folgenden Versuchen angewandte von Liebermeister und Hagenbach construirte Apparat allen Anforderungen zu entsprechen. Derselbe ist bereits von Liebermeister beschrieben worden[3]), und indem ich auf dessen ausführliche Darstellung verweise, beschränke ich mich auf eine kurze Zusammenfassung der wesentlichsten Punkte.

Der Apparat besteht zunächst aus einem luftdicht abgeschlossenen Raume, der darauf berechnet ist, einem Menschen in sitzender oder liegender Stellung ausreichen-

---

[1]) Lossen. Zeitschrift für Biologie. 1866. Bd. II.

[2]) Eugen Berg. Deutsches Archiv für klin. Medicin. 1869. Bd. VI. Heft IV. p. 385.

[3]) Ueber die quantitativen Veränderungen der Kohlensäureproduction beim Menschen. Deutsches Archiv für klinische Med. Bd. VII. p. 75.

den Platz zu gewähren. Es erwies sich derselbe aber auch als genügend gross, um eine Badewanne hineinzustellen, ohne dadurch der Versuchsperson das Sitzen hinter derselben geradezu unbequem zu machen. In diesem Kasten wird vermittelst eines continuirlieh wirkenden Aspirators ein Luftwechsel erhalten, so dass anhaltend durch eine Reihe von an dem unteren Ende angebrachten Oeffnungen Luft aus dem Kasten herausgezogen wird, während dureh eine Anzahl entspreehend vertheilter Oeffnungen an dem oberen Ende frisehe äussere Luft einströmt. Die Menge der durchströmenden Luft wird vermittelst einer sorgfältig eontrolirten Gasuhr während der ganzen Dauer genau gemessen. Endlich kann zu Anfang des Versuches, wie zu jeder beliebigen Zeit während desselben die ausströmende Luft auf ihren Kohlensäuregehalt untersueht werden.

Es sind somit alle Daten gegeben, um für jeden kürzeren oder längeren Zeitraum des Versuches die Quantität der Kohlensäure zu berechnen, welche im Kasten produeirt wird.

Man erhält die in der Zeiteinheit producirte Kohlensäuremenge (K) naeh der folgenden Formel:

$$K = u \left(g - \gamma + \frac{g - g_0}{e^{\frac{tu}{v}} - 1} \right)$$

Dabei bezeichnet K die Kohlensäuremenge, ausgedrückt in Milligrammen, u die in der Zeiteinheit durehströmende Luft, ausgedrüekt in Litern, g_0 den Kohlensäuregehalt der aus dem Kasten ausströmenden Luft am Anfang und g denselben am Ende des zu berechnenden Zeitraumes, ausgedrückt dureh die Zahl der Milligramme, welehe in einem Liter Luft enthalten sind, γ den Kohlensäuregehalt der in den Kasten ein-

strömenden Luft, t die Zahl der Zeiteinheiten, aus welchen der zu berechnende Zeitraum besteht, v das Volumen des Kastens ausgedrückt in Litern, e endlich die Basis des natürlichen Logarithmensystems.

Wiederholte Controllversuche, welche sowohl auf die einzelnen Theile der Methode als auf das Ganze sich bezogen, haben gezeigt, dass bei sorgfältiger Ausführung die dabei vorkommenden Fehler geringer sind als 1 Procent der erhaltenen Werthe.

Wenn nach dieser Methode Versuche mit kalten Bädern etc. angestellt werden sollten, so musste zunächst berücksichtigt werden, dass das Wasser in der Badewanne etc. nothwendig einen Theil der ausgeschiedenen Kohlensäure absorbirte. Die Versuche haben ergeben, dass diese Menge zu gering ist, um merkliche Störungen zu veranlassen. Die Berechnung der Kohlensäurequantität, die im höchsten Falle absorbirt werden könnte, ergiebt das gleiche Resultat.

Was meine Betheiligung an den nachstehend mitzutheilenden Versuchen betrifft, so habe ich bei einigen als Assistent fungirt, bei einigen die Rolle der Versuchsperson übernommen, bei anderen endlich habe ich die Titrirungen etc. selbst ausgeführt, und zwar immer so, dass von Herrn Prof. Liebermeister gleichzeitig dieselben Titrirungen gemacht wurden.

Ich gebe im Folgenden eine Auswahl der wichtigsten Versuche.

Zunächst theile ich einen Versuch mit über das Verhalten der Kohlensäure einerseits bei wohl bedecktem Körper, andererseits in vollständig entkleidetem Zustande, während zugleich der grössere Theil der Körperoberfläche mit kaltem Wasser abgewaschen wurde.

Ein Kranker der medicinischen Abtheilung, 20 Jahre, (Bittkau), an geringfügiger chronischer Angina und Syphilidophobie leidend, im Uebrigen vollständig gesund, verweilte $2^1/_2$ Stunden lang im Apparat, vollständig entkleidet, in halb sitzender Stellung. Während der ersten halben Stunde war er mit einer wollenen Decke sorgfältig zugedeckt, während der zweiten halben Stunde vollständig entblösst und wusch den grösseren Theil der Körperoberfläche von Zeit zu Zeit mit einem in Eiswasser getauchten Schwamm. In der dritten halben Stunde wieder vollständig zugedeckt, während der vierten wieder Entblössung und Abwaschung, in der fünften wieder zugedeckt. Die Kohlensäureproduction in den einzelnen halben Stunden verhielt sich folgendermassen:

In der	1ten	halben	Stunde	(zugedeckt)	15,3 Grms.
„	2ten	„	„	(entblösst und abgewaschen)	27,8 „
„	3ten	„	„	(zugedeckt)	15,1 „
„	4ten	„	„	(entblösst und abgewaschen)	24,9 „
„	5ten	„	„	(zugedeckt)	15,6 „

Es zeigt dieser Versuch in deutlichster Weise, dass während der Zeit der gesteigerten Wärmeentziehung die Kohlensäureproduction in einem beträchtlichen Grade gesteigert war.

Ein zweiter Versuch mit demselben Individuum ergab ein entsprechendes Resultat.

Versuche über die Kohlensäureausscheidung bei Bädern wurden zunächst bei einem 47jährigen Manne gemacht, der als arbeitsscheuer Simulant sich einige Zeit im Spitale aufhielt. Derselbe ist von kurzem, aber breitem Körperbau, mit ziemlich reichlichem Unterhautfettgewebe, 150,2 Cm. lang, zur Zeit der Versuche ungefähr $57^1/_2$ Kilog. schwer.

Bei den Versuchen mit Bädern wurde die Kohlensäure-Bestimmung gewöhnlich alle 10 Minuten gemacht. Im Folgenden gebe ich nur die Zusammenstellung der Gesammtresultate. Derselbe producirte:

		auf $1/2$ Stunde berechnet
ohne Bad bei gewöhnlichen Verhältnissen	in $1^1/_2$ St. 39,6 Grms.	13,2 Grms.
im Bade von 32°,9 C.	in 1 St. 29,6 „	14,8 „
„ „ „ 25°,7 C.	in 53 Min. 39,7 „	22,5 „
„ „ „ 19°,9 C.	in 30 „ 38,9 „	38,9 „
„ „ „ 18°,4 C.	in 30 „ 39,0 „	39,0 „

Es ergiebt sich somit, dass schon im Bade von etwa 33° C. die Kohlensäureproduction um ein Unbedeutendes grösser ist, als bei gewöhnlichen Verhältnissen. Bei kühleren Bädern wird die Kohlensäureproduction in bedeutendem Masse gesteigert, und in eigentlich kalten Bädern steigt sie fast auf das Dreifache der normalen Production.

Bei allen diesen Versuchen wurde nur die Quantität der Kohlensäure bestimmt, welche während des Bades selbst ausgeschieden wurde; es war aber in hohem Grade wahrscheinlich, dass die in grösserer Menge sich bildende Kohlensäure nicht sofort im Augenblick der Production schon zur Ausscheidung gelangte, sondern dass bis zur Ausscheidung derselben eine gewisse, wenn auch kurze Zeit verstreichen würde. Die bei den Versuchen für die einzelnen Zeiträume von 10 Minuten erhaltenen Werthe schienen diese Voraussetzung zu bestätigen, indem gewöhnlich in den ersten 10 Minuten die Kohlensäureausscheidung zwar schon vermehrt war, aber noch nicht in so bedeutendem Masse, als während

der späteren Versuchsintervalle. So betrug zum Beispiel bei dem Bade von 18°,4 in den ersten 10 Minuten die Kohlensäureausscheidung 8,3 Grms., in den folgenden 10 Minuten 12,8 Grms., in den letzten 10 Minuten 18 Grms. Es wurde somit in den letzten 10 Minuten mehr als das Vierfache der normalen Kohlensäuremenge ausgeschieden.

Unter diesen Umständen war vorauszusetzen, dass ein Theil der während des Bades producirten Kohlensäure erst nach dem Bade zur Ausscheidung gelangen werde. Das Resultat der direkten Versuche entsprach vollständig dieser Voraussetzung.

Es musste, um diese Frage zu entscheiden, der Versuch in der Weise angestellt werden, dass die Versuchsperson auch nach dem Bade sich noch einige Zeit in dem Apparat aufhielt, damit die Bestimmung der Kohlensäureausscheidung noch einige Zeit fortgesetzt werden konnte. Ich theile von den in dieser Weise angestellten Versuchen nur denjenigen mit, bei welchem ich selbst Versuchsperson war.

Ich war zur Zeit des Versuches 23 Jahre alt, wog 60½ Kgr. Ich bin von eher schlanker Statur, nicht fettreich, meine Körperlänge beträgt 177 Cm. Der Versuch wurde angestellt etwa 1½ Stunden nach einem reichlichen aus Kaffee, Brod und Beefsteak bestehenden Frühstücke, und zwar so, dass ich zunächst 40 Minuten in eine wollene Decke gehüllt im Kasten sass, dann in's Bad von 24° C. stieg, 40 Minuten in demselben blieb, und nach Beendigung noch 40 Minuten im Kasten verweilte.

Die Kohlensäureproduction betrug:

				In ½ Stunde.
Vor dem Bade	in 42 Min.	31,24	Grms.	22,3 Grms.
Im Bade	in 10 Min.	11,57	„	35,2 „
	— —	9,29	„	
	— —	10,18	„	
	— —	15,88	„	
Nach dem Bade	in 20 Min.	23,30	„	35,0 „
	— —	14,72	„	22,1 „

Aehnliche Versuche mit einer andern Versuchsperson ergaben entsprechende Resultate.

Es ergiebt sich somit, dass, um die durch das Bad bewirkte Vermehrung der Kohlensäureproduction in ihrer Totalität zu erhalten, auch noch nach dem Bade während einiger Zeit die Kohlensäureausscheidung beobachtet werden muss, so dass erst unter Berücksichtigung auch dieser letzteren Werthe die Vermehrung der Kohlensäureproduction vollständig der Vermehrung der Wärmeproduction zu entsprechen scheint.

Bei den Untersuchungen über das Verhalten der Körpertemperatur bei der Einwirkung von Wärmeentziehungen hatte sich ergeben, dass schon die Einwirkung mässig kühler Luft auf den unbedeckten Körper genügt, um ein Steigen des Thermometers in der Achselhöhle zu bewirken. Nachdem durch die calorimetrischen Untersuchungen der Nachweis geliefert worden war, dass durch die Einwirkung des kalten Bades eine beträchtliche Steigerung der Wärmeproduction hervorgerufen werde, lag es nahe anzunehmen, dass jene nach Einwirkung kühler Luft auf die Körperoberfläche beobachtete Temperatursteigerung auch von einer Vermehrung der Wärmeproduction herrühre. In diesem Sinne sind auch

bereits von Liebermeister die betreffenden Resultate gedeutet worden [1]).

Gerade in diesem Falle, wo die Verhältnisse eine Messung der abgegebenen Wärme nicht wohl ausführbar machten, war es von Interesse zu untersuchen, ob die Bestimmung der Kohlensäure eine Vermehrung des Stoffumsatzes ergeben würde.

Am 5ten September 1869, Vormittags, bald nach einem aus Caffee und Brod bestehenden Frühstück begab ich mich in den Kasten. Während der ersten halben Stunde war ich in wollene Decken gut eingehüllt, während der zweiten halben Stunde entblösst, während der dritten zugedeckt, in der vierten wieder entblösst, in der fünften wieder zugedeckt. Während der ganzen Zeit befand ich mich in sitzender Stellung, meist lesend, ausser den zum Zudecken und zum Abdecken nöthigen Bewegungen vollkommen ruhig. Die Temperatur des Kastens betrug im Beginne des Versuches 18° C. Im Verlaufe stieg dieselbe mit verschiedenen Schwankungen auf $24\frac{1}{3}$° C., und zwar in der Weise, dass während der Zeit der Entblössung, augenscheinlich in Folge der gesteigerten Wärmeabgabe meines Körpers, ein ziemlich starkes Steigen erfolgte, dagegen ein geringes Sinken stattfand, wenn durch die Bedeckung die Wärmeabgabe von der Körperoberfläche beschränkt war. Mein Körpergewicht betrug $62\frac{1}{2}$ kgr.

Die ausgeschiedenen Kohlensäurequantitäten verhielten sich wie folgt:

---

[1]) Archiv für Anat. etc. von Reichert und du Bois Reymond. 1860. pag. 589.

In der ersten	halben Stunde	(gut zugedeckt)	17,9	Grms.
— zweiten	—	(entblösst)	24,2	„
— dritten	—	(zugedeckt)	18,5	„
— vierten	—	(entblösst)	20,0	„
— fünften	—	(zugedeckt)	17,4	„

Der Versuch ergab somit, dass die Einwirkung einer mässig kühlen Luft auf die unbedeckte Körperfläche schon genügt, um eine beträchtliche Steigerung der Kohlensäure zu bewirken. Zugleich schien aber auch der Versuch zu zeigen, dass mit dem Steigen der äussern Temperatur die durch die Entblössung bewirkte Zunahme der Kohlensäureproduction geringer werde.

Dieses letztere Resultat war insofern von Bedeutung, als möglicherweise die Frage hätte entstehen können, ob es wirklich auch nur die Steigerung der Wärmeentziehung sei, was die Vermehrung der Kohlensäureproduction bewirkte, oder ob man nicht vielmehr an eine besondere Wirkung der Luft an und für sich auf die entblösste Körperoberfläche, etwa an eine chemische Wirkung derselben zu denken habe. Und endlich würde dabei auch noch der Umstand in Betracht kommen, dass möglicherweise zur Zeit der Entblössung die von der äusseren Haut abgegebene Kohlensäure frei in den Kasten ausströmte, während sie zur Zeit der Bedeckung zurückgehalten wurde. Freilich war dieser letztere Umstand von sehr geringer Bedeutung in Anbetracht der relativ ganz minimen Quantitäten der Kohlensäure, welche nach zuverlässigen Untersuchungen durch die Haut ausgeschieden werden.

Die zuletzt erwähnten Zweifel waren schon beseitigt worden durch einen Versuch, den wir während des Som-

mers bei hoher Temperatur der Luft angestellt hatten. Derselbe hatte gezeigt, dass, wenn die Temperatur der äusseren Luft zu hoch ist, um eine wesentliche Steigerung der Wärmeentziehung nach Entblössung bewirken zu können, dadurch auch keine wesentliche Steigerung der Kohlensäureproduction stattfindet.

Der Versuch wurde in gleicher Weise wie der zuletzt mitgetheilte angestellt am Nachmittag des 10. Juli 1869, 4½ Stunden nach dem Mittagessen. Mein Körpergewicht betrug 60,8 kgr.

Die Temperatur betrug im Kasten zu Anfang des Versuches 25°,4 C., nach einer Stunde 28°,9, zu Ende des Versuchs 28°,4. In der ersten halben Stunde während der Einhüllung starker Schweiss, in der zweiten halben Stunde während der Entblössung kein Schweiss, aber die Haut noch feucht, kein Kältegefühl. In der dritten halben Stunde wieder Schweiss, aber weniger als zu Anfang, in der folgenden auch während der Entblössung mässiger Schweiss.

Die Kohlensäureproduction betrug:

Lufttemperatur						
25°,4 C.	In d.	ersten	halb. St.	(zugedeckt)	17,5	Grms.
	—	zweiten	—	(entblösst)	17,7	„
	—	dritten	—	(zugedeckt)	16,8	„
28°,4 C.	—	vierten	—	(entblösst)	15,5	„
	—	fünften	—	(zugedeckt)	17,2	„

Bei diesem Versuch ist vielleicht noch in der zweiten halben Stunde, jedenfalls aber nicht mehr in der vierten halben Stunde eine Vermehrung der Kohlensäureproduction in Folge der Entblössung wahrnehmbar, ein Ergebniss, welches aus der bedeutenden Höhe der Luft-

temperatur sich vollständig erklärt. Die Temperatur von 25°—28° C. scheint demnach die Grenze darzustellen, bei welcher die Luft nicht mehr in genügender Weise wärmeentziehend wirkt, um eine bemerkbare Steigerung des Stoffumsatzes zu veranlassen.

Sämmtliche Versuche ergeben übereinstimmend das Resultat, dass jede Wärmeentziehung von der äusseren Haut aus eine Steigerung der Kohlensäureproduction bewirkt, und zwar ergiebt sich deutlich, dass die Steigerung um so beträchtlicher ausfällt, je intensiver die Wärmeentziehung ist. Es stimmt somit das Verhalten der Kohlensäureproduction vollständig überein mit dem Verhalten der Wärmeproduction, wie dasselbe durch die calorimetrischen Bestimmungen von Liebermeister und Kernig sich ergeben hatte.

Bekanntlich haben v. Wahl und Liebermeister bei calorimetrischen Untersuchungen an Fieberkranken ein ähnliches Verhalten der Wärmeproduction bei der Einwirkung von Wärmeentziehungen constatirt, wie bei Gesunden. Es war desshalb mit Wahrscheinlichkeit vorauszusetzen, dass auch die Kohlensäureproduction ein ähnliches Verhalten zeigen werde. Das Resultat der Versuche entsprach dieser Voraussetzung.

Ein Kranker mit leichtem Abdominaltyphus (Trüninger), 24 Jahre alt, 54½ Kgr. schwer, wurde zuerst wohl zugedeckt in liegender Stellung im Kasten beobachtet. Seine Körpertemperatur, im Rectum gemessen, betrug vor Beginn der Beobachtung 40°,0 C., am Schluss derselben 39°,2 C.; die Kohlensäureproduction betrug

in den ersten 20 Minuten 8,5 Grms.
in den folgenden 20 Minuten 8,55 Grms.

Eine halbe Stunde später nahm er im Kasten ein Bad von 17°,2 C.; während desselben lieferte er in 20 Minuten 13,45 Grms. Kohlensäure. Unmittelbar naeh dem Bade betrug die Temperatur im Reetum 37°,5, und sank noch weiter bis 37°,15. Es hatte demnaeh, obwohl bei dem Kranken schon vor dem Bade eine spontane Abnahme der Temperatur stattfand und während desselben ein sehr starkes Sinken erfolgte, dennoch im Bade eine beträchtliche Steigerung der Kohlensäureproduction stattgefunden.

Bei einem andern Kranken (Krämer) von 19 Jahren und 37¼ Kgr. Körpergewieht, der an mässig schwerem Abdominaltyphus litt, betrug vor Beginn des Versuches die Temperatur des Reetum 40°,7, naehdem er gut zugedeekt in liegender Stellung eine Stunde im Kasten sieh aufgehalten hatte, 40°,9. Während dieser Zeit hatte seine Kohlensäureproduetion

in der ersten halben Stunde 12,6 Grms.
in der zweiten halben Stunde 15,3 Grms.

betragen. Unmittelbar darauf nahm er im Kasten ein Bad von 17°,9 C. und lieferte während desselben

in den ersten 10 Minuten 9,8 Grms.
in den folgenden 5 Minuten 6,7 Grms.

Kohlensäure.

Es betrug somit die Kohlensäureproduetion während des Bades mehr als das Doppelte der unter gewöhnlichen Verhältnissen produeirten Menge. Die Temperatur des Rectum betrug unmittelbar nach dem Bade 40°,0, und sank dann noch weiter bis 39°,3.

Diese Versuche genügen um zu zeigen, dass auch beim Fieberkranken während des kalten Bades die Kohlensäureproduction beträchtlich gesteigert ist.

Es besteht also auch in diesem Falle eine vollständige Uebereinstimmung zwischen den Resultaten der Kohlensäuremessungen und der calorimetrischen Bestimmungen.

Diese bei Fieberkranken erhaltenen Resultate könnten den Gedanken nahe legen, dass es für einen Fieberkranken von wesentlichem Nachtheil sein müsse, wenn man ihn in ein kaltes Bad bringt, überhaupt eine Wärmeentziehung bei ihm vornimmt. Wenn wirklich beim Fieber Stoffumsatz und Wärmeproduction über die Norm gesteigert sind, so würde man ja gewissermassen das Fieber steigern, indem man durch eine Wärmeentziehung den Kranken zu noch mehr gesteigerter Production anregt.

Alle diese theoretischen Räsonnements werden einfach widerlegt durch die Thatsache, welche ohne Ausnahme alle Beobachter gefunden haben, dass nämlich durch eine consequente Anwendung starker Wärmeentziehungen bei den acuten fieberhaften Krankheiten die Mortalität in ausserordentlichem Masse vermindert und der Verlauf der Krankheit wesentlich gemildert wird. Da nun die eine Thatsache, dass bei Fieberkranken durch die Wärmeentziehungen der Stoffumsatz und die Wärmeproduktion gesteigert werden, mit eben so vollkommener Sicherheit nachgewiesen ist, wie die andere Thatsache, dass durch die Wärmeentziehungen ein günstiger Einfluss auf den Verlauf der Krankheit ausgeübt wird, so müssen wir nothwendig schliessen, dass der Widerspruch, der aus der Zusammenstellung beider Thatsachen hervorgeht,

nur ein scheinbarer sein kann und bei einer genaueren Untersuchung der thatsächlichen Verhältnisse sich lösen muss.

In der That ist dieser Widerspruch nur so lange vorhanden, als man die wesentliche Gefahr des Fiebers bei acuten Krankheiten in der Steigerung des Stoffumsatzes und der daraus hervorgehenden Consumption der Körperbestandtheile sucht. Nimmt man dagegen darauf Rücksicht, dass an acuten fieberhaften Krankheiten, und zwar zunächst in Folge des Fiebers, unzählige Menschen zu Grunde gehen, bevor eine bemerkenswerthe Consumption der Körperbestandtheile stattgefunden hat, so ergiebt sich, dass die wesentliche Gefahr des Fiebers anderswo zu suchen ist.

Schon vor längerer Zeit hat Liebermeister[1]) in ausführlicher Weise den Satz begründet, dass die eigentliche Gefahr des Fiebers bei acuten Krankheiten auf der Steigerung der Körpertemperatur beruhe, indem durch den abnorm hohen Temperaturgrad zunächst degenerative Processe in den verschiedenen Organen und in Folge dessen Functionsstörungen in denselben bewirkt werden.

Unter diesen Functionsstörungen treten in den Vordergrund einerseits die Veränderungen in der Leistung des Herzens, welche endlich zu Herzparalyse führen, andererseits die Störungen in der Function des Central-

---

[1]) Ueber die Wirkung der febrilen Temperatursteigerung. Deutsches Archiv f. kl. Med. 1865. Bd. I. p. 298 seq., 461 seq., 543 seq.

Vergleiche: Liebermeister und Hagenbach, über die Anwendung des kalten Wassers etc. Leipz. 1868. pag. 83.

nervensystems, welche den wesentlichen Inhalt des Symptomencomplexes ausmachen, den man mit dem Namen der typhösen Erscheinungen zu bezeichnen pflegt. Für alle diese Erscheinungen ist die Consumption der Körperbestandtheile, so lange sie keinen hohen Grad erreicht, nur von untergeordneter Bedeutung.

Wenn wir demnach in der Steigerung der Körpertemperatur die wesentliche Ursache der Gefahr finden, so müssen wir nothwendig in erster Reihe darnach trachten, Mittel zu finden, durch welche die abnorm gesteigerte Körpertemperatur herabgesetzt wird, und dieser Indication entsprechen die intensiven und consequenten Wärmeentziehungen in vollständigster Weise[1]. Schon während der Dauer derselben, insoferne ihre Intensität eine genügende ist, wird trotz aller Steigerung der Wärmeproduction die Körpertemperatur dennoch herabgesetzt, und unmittelbar nach dem Aufhören derselben wird diese Herabsetzung eine noch bedeutendere[2].

Dass wir aber die beabsichtigte Herabsetzung der Temperatur nicht ohne die gleichzeitige Steigerung des Stoffwechsels erreichen können, müssen wir um so mehr betonen, als die Thatsache dieser begleitenden Erscheinung ihrer offenbaren Unbequemlichkeit wegen dem Uebersehenwerden ausgesetzt sein könnte.

Endlich aber sprechen verschiedene Thatsachen dafür, dass unter Berücksichtigung grösserer Zeiträume die

---

[1]) Jürgensen, klinische Studien über die Behandlung des Abdominaltyphus mittelst des kalten Wassers. Leipzig 1866.

[2]) Ueber die Nachwirkung der kalten Bäder vergl. Liebermeister und Hagenbach, p. 134.

Steigerung der Consumption nicht in dem Grade bedeutend ist, als aus den mitgetheilten Versuchen geschlossen werden könnte. Es scheint nämlich sowohl bei Gesunden als namentlich bei Fieberkranken auf die Steigerung des Stoffumsatzes während der Wärmeentziehung ein Stadium zu folgen, während dessen Stoffumsatz und Wärmeproduction geringer werden, als sie vorher waren. Die Zahl dieser Thatsachen ist in neuester Zeit noch vermehrt worden durch die Beobachtungen von Schrœder[1]), aus welchen sich ergiebt, dass bei Fieberkranken nach einem kalten Bade die Kohlensäureausscheidung eine beträchtlich geringere ist, als vor demselben. Es würde somit auch in Bezug auf die Consumption der Körperbestandtheile eine Compensation stattfinden. Ob diese Compensation eine vollständige sei, oder ob dieselbe sogar, wie es nach manchen Beobachtungen den Anschein hat, in vielen Fällen mehr als vollständig ist, so dass durch die Anwendung von Wärmeentziehungen beim Fieber im Ganzen an Körpersubstanz gespart würde, diese Frage zu entscheiden, wird die Aufgabe weiterer Versuche sein, und unter diesen dürften vielleicht die Untersuchungen über die Ausscheidung der Kohlensäure in erster Reihe stehen.

Ich muss gestehen, dass es mir ganz plausibel erscheinen würde, wenn ähnlich wie bei anderweitigen Verbrennungsprocessen, so auch innerhalb des Organismus die Intensität der Verbrennung zum Theil von dem Temperaturgrade, bei welchem sie stattfindet, abhängig wäre.

---

[1]) Deutsches Archiv für klinische Medicin. 1869. Bd. VI. Heft IV. pag. 385 seq.